

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
22. September 2005 (22.09.2005)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2005/088259 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **G01D 5/16**,  
G01R 33/022

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2005/050185

(22) Internationales Anmeldedatum:  
18. Januar 2005 (18.01.2005)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102004011810.8 11. März 2004 (11.03.2004) DE  
102004063539.0 30. Dezember 2004 (30.12.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02  
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **RETTIG, Rasmus**  
[DE/DE]; Schillerstrasse 3/1, 70839 Gerlingen (DE).  
**BAUER, Christian** [DE/DE]; Herrenwiesenweg 5,  
71701 Schwieberdingen (DE). **VOGELGESANG, Birgit**  
[DE/DE]; Enzstr. 22, 74379 Ingersheim (DE).

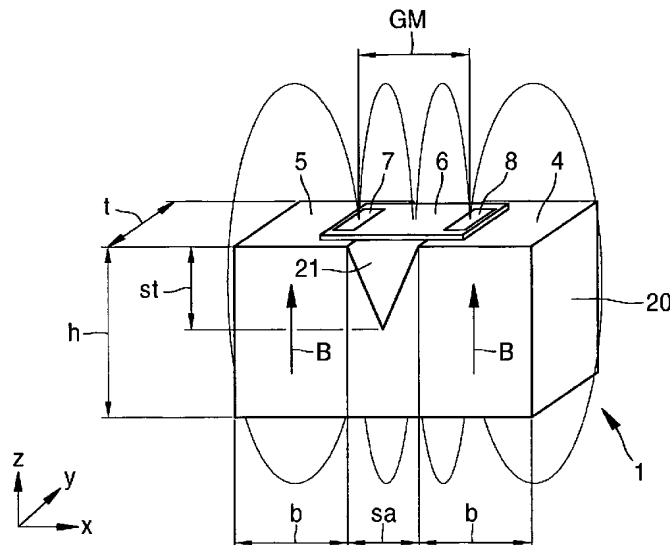
(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;  
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MAGNET SENSOR ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung: MAGNETSENSORANORDNUNG



(57) Abstract: The invention relates to a magnet sensor arrangement (1) containing sensor elements (7,8) that are sensitive to magnetic fields, the electrical properties of said elements being modifiable according to a magnetic field that can be influenced by a mobile passive transmitter (11). Said magnet sensor arrangement (1) comprises two sensor elements (7,8) in a gradiometer arrangement, that are respectively associated with one of two magnetic regions (4, 5) of a permanent magnet embodied as a gap magnet (2;20;23), said regions being arranged at a pre-determined distance (sa). The magnetic regions (4,5) and the gap magnet (2;20;23) are arranged, in terms of, for example, the wedge shape, dimensions (h,b,t), gap length (sa), gap depth (st), and positions thereof in relation to the sensor elements (7,8), in such a way that the offset of the output signal of the sensor elements (7,8) is minimised in the gradiometer arrangement.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2005/088259 A1



TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

**(57) Zusammenfassung:** Es wird eine Magnetsensoranordnung (1) vorgeschlagen, bei der magnetfeldempfindlichen Sensorelemente (7,8) angeordnet sind, deren elektrische Eigenschaften in Abhängigkeit von einem Magnetfeld veränderbar sind, das durch ein bewegtes passives Geberelement (11) beeinflussbar ist. Die Magnetsensoranordnung (1) weist zwei Sensorelemente (7,8) in einer Gradiometeranordnung auf, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand (sa) angeordneten magnetischen Bereichen (4,5) eines als Spaltnagneten (2;20;23) ausgeführten Permanentmagneten zugeordnet sind. Die Bereiche (4,5) und der Spaltnagnet (2;20;23) sind hinsichtlich der beispielsweise keilförmigen Formgebung, der Abmaße (h,b,t), der Spaltbreite (sa) sowie der Spalttiefe (st) und ihrer Positionen zu den Sensorelementen (7,8) so angeordnet, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente (7,8) in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

## Magnetsensoranordnung

### Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Magnetsensoranordnung, insbesondere zur Sensierung der Bewegung von linear oder rotatorisch bewegten Elementen, nach den gattungsgemäßen Merkmalen des Hauptanspruchs.

Es ist an sich bekannt, dass magnetfeldempfindliche Sensoren in vielen Bereichen Anwendung finden, bei denen eine berührungsfreie Detektierung einer Bewegung gewünscht ist. Dabei kann es sich sowohl um eine Rotationsbewegung als auch eine Linearbewegung handeln. Zu unterscheiden sind hier zwei grundlegend verschiedene Messprinzipien. Zum einen lässt sich durch Anbringen eines oder mehrerer magnetischer Dipole als aktive Elemente auf dem zu detektierenden Element die Bewegung direkt durch das sich zeitlich ändernde Magnetfeld am Sensorort bestimmen. Im Gegensatz dazu wird bei passiven Geberelementen, die aus einem weichmagnetischen Material bestehen, das magnetische Feld durch einen Arbeitsmagneten erzeugt, der fest mit dem Sensor verbunden ist. Der Sensor misst die Änderung des Magnetfeldes des Arbeitsmagneten, die durch die Bewegung der Geberelemente hervorgerufen wird.

-2-

Neben der an sich bekannten Hall-Technologie zur Magnetfeldmessung werden vermehrt auch bei passiven Geberelementen im Kraftfahrzeugbereich alternativ sog. XMR-Technologien, d.h. magnetoresistive Messprinzipien, eingesetzt. Dabei ist zu beachten, dass XMR-Sensoren im Gegensatz zu Hall-Sensoren die sog. "in-plane"-Komponente des Magnetfeldes im Sensorelement detektieren. Bisher übliche XMR-Sensoren verwenden dazu einen Arbeitsmagneten, dessen Feld so abgeglichen werden muss, dass der Offset am Ort des sensitiven Elementes Null ist oder es wird ein sogenanntes Backbias-Feld erzeugt, das den Arbeitspunkt des Sensors definiert.

Beispielsweise ist in der DE 101 28 135 A1 ein Konzept beschrieben, bei dem eine hartmagnetische Schicht in der Nähe, d.h. insbesondere auf und/oder unter einem magnetoresistiven Schichtstapel, deponiert wird. Diese hartmagnetische Schicht koppelt dann vorwiegend durch ihr Streufeld an die magnetosensitiven Schichten und erzeugt dabei ein sogenanntes Bias-Magnetfeld, das als Magnetfeld-Offset wirkt, so dass auch bei einer nur schwachen Variation eines dem internen Magnetfeld überlagerten externen Magnetfelds eine gut messbare und relativ große Veränderung des eigentlichen Messwertes, der als Widerstandsänderung in der Schichtanordnung detektiert wird, erreichbar ist.

Die zuvor beschriebenen Sensoren werden in an sich bekannter Weise zur Drehzahlerfassung, beispielsweise in der Kraftfahrzeugtechnik, oft in einer sogenannten Gradiometeranordnung ausgeführt. Das heißt je zwei Zweige einer Wheatstoneschen Messbrücke sind in vorgegebenem Abstand angeordnet, so dass ein homogenes Magnetfeld kein Brückensignal bewirkt. Eine Variation des Magnetfeldes im

-3-

Bereich des vorgegebenen Abstands hingegen erzeugt ein Brückensignal. Damit misst der Sensor nur das Signal eines magnetischen Polrads, dessen Polpaarabstand in etwa dem vorgegebenen Gradiometerabstand entspricht.

Durch den Einsatz des Gradiometerprinzips in einer magnetoresistiven XMR-Messbrücke lässt sich im Gegensatz zu den absolut messenden XMR-Elementen eine Reduzierung der Empfindlichkeit der Sensoren gegenüber homogenen Störfeldern erreichen. Ein Abgleich der bisher eingesetzten Magnete, so dass an beiden Orten der Sensorelemente der Gradiometeranordnung der Offset eliminiert werden kann, lässt sich hier jedoch nicht mehr durchführen; eine elektronischer Abgleich ist zwar prinzipiell möglich, aber hier ist ein relativ kleines Signal auf großem Offset vorhanden.

#### Vorteile der Erfindung

Bei einer Weiterbildung einer Magnetsensormanordnung der eingangs angegebenen Art weist die Magnetsensormanordnung erfindungsgemäß zwei Sensorelemente in einer Gradiometeranordnung auf, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand angeordneten magnetischen Bereiche eines Spaltpermanentmagneten zugeordnet sind. Diese Bereiche und der gesamte Spaltpermanentmagnet sind in vorteilhafter Weise hinsichtlich der Abmaße, der Spaltbreite sowie der Spaltform, der Spalttiefe und ihrer Positionen zu den Sensorelementen so angeordnet, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

Mit der Erfindung wird somit erreicht, dass die Auslegung eines Magnetkreises, der ein Arbeitsfeld für einen auf

-4-

dem Gradiometerprinzip, d.h. mit einer Erfassung des Feldgradienten arbeitenden Sensors erzeugt, optimiert ist und somit einen offsetfreien Betrieb des Sensors bei Variation des magnetischen Feldes durch sich bewegendes Geberelemente, insbesondere ferromagnetische Zahnräder, ermöglicht. Dazu wurde der Magnetkreis aus zwei Bereichen zusammengesetzt, deren Felder sich so überlagern, dass die sog. "in-plane"-Komponenten des resultierenden magnetischen Feldes, bzw. das Arbeitsfeld in der sensitiven x-Richtung bei XMR-Sensoren, an den Gradiometerpositionen soweit reduziert werden, dass sie durch den Einfluss der passiven Geberelemente um die Nulllage variieren. Somit können sehr kleine Signale offsetfrei detektiert werden.

Dies ist besonders bei sehr empfindlichen magnetoresistiven XMR-Sensoren von Vorteil, die möglichst ohne eine Offset-Korrektur einen großen Arbeitsbereich, d.h. sehr große bis sehr kleine Feldstärken, abdecken sollen. Im Vergleich zu Magnetkreisen, die aus mehreren separaten Komponenten bestehen, ist der erfindungsgemäße einkomponentige Spaltmagnet einfacher aufgebaut und kostengünstiger in der Herstellung.

In besonders vorteilhafter Weise weist der Spalt des Spaltmagneten eine keilförmige oder auch eine sonstige kurvenförmige Kontur auf. Diese Spaltform bewirkt, dass bei dem Magnetkreis die Offsetminimierung nicht auf die beiden Gradiometerpositionen reduziert ist, sondern über einen weiten Bereich parallel zur Oberfläche des Magneten bzw. einer Flussleitscheibe stattfindet. Somit ergeben sich deutlich reduzierte Positionierungsanforderungen an die Gradiometerposition des XMR-Sensorelements hinsichtlich der Magnetanordnung.

-5-

Weiterhin ist es jedoch auch möglich, dass der Spalt des Spaltpermanentmagneten eine rechteckige Kontur aufweist.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform sind zwischen den Sensorelementen und den magnetischen Bereichen Flussleitscheiben als Homogenisierungsplatten angeordnet. Damit wird das Feld in der Ebene der Sensorelemente homogenisiert und die notwendige Positioniergenauigkeit der Sensorelemente gegenüber dem Magnetpaar zum offsetfreien Betrieb reduziert.

Vorteilhaft ist es außerdem, wenn gemäß einer weiteren Ausführungsform die Magnetisierung der Bereiche abweichend von ihrer den Sensorelementen zugewandten Längsrichtung jeweils um einen vorgegebenen Winkel  $\alpha$  gedreht ist.

Durch diese, durch die Schräglage des Feldes bedingte Vormagnetisierung wird erreicht, dass sich die Sensorelemente in einem Magnetfeld befinden, bei dem die Sensitivität durch ein sogenanntes Bias-Feld maximal ist. Auch hierbei ist eine Anordnung von den zuvor erwähnten Homogenisierungsplatten in vorteilhafter Weise möglich.

Besonders vorteilhaft lässt sich die Erfindung bei einer Magnetsensoranordnung zur Erfassung des Drehwinkels eines Rades als Geberelement einsetzen, wobei das Rad, z.B. als Stahlrad, an seinem Umfang mit Zähnen zur Beeinflussung des Magnetfeldes im Bereich der Magnetsensoranordnung versehen ist. Insbesondere bei einer Anwendung in einem Kraftfahrzeug ergeben sich Einsatzgebiete als Drehzahlfühler am Rad oder an der Kurbelwelle, als Phasengeber an der Nockenwelle, als Drehzahlsensor im Getriebe oder als sonstige Linearweg-, Winkel- oder Näherungssensoren, bei denen die Magnetfeldänderungen durch bewegte metallische Elemente induziert werden.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnung erläutert. Es zeigen:

Figur 1 eine Prinzipansicht einer Magnetsensoranordnung mit zwei magnetischen Bereichen, die Bestandteil eines einkomponentigen Spaltpermanentmagneten sind und die jeweils einem magnetoresistiven Sensorelement in einer Gradiometeranordnung gegenüberliegen,

Figur 2 eine gegenüber der Figur 1 erweiterte Anordnung mit Flussleitscheiben als Homogenisierungsplatten,

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel einer Magnetsensoranordnung mit zwei Einzelmagneten, die in Abwandlung zur Figur 1 ein abgewinkelt liegendes Magnetfeld aufweisen,

Figur 4 ein Ausführungsbeispiel nach der Figur 3 mit Homogenisierungsplatten entsprechend der Figur 2,

Figur 5 eine Ansicht einer Magnetsensoranordnung für ein mit Stahlzähnen versehenes Geberrad,

Figur 6 ein Diagramm des Verlaufs des Magnetfeldes in Abhängigkeit von der Position eines Zahnes bzw. einer Zahnücke des Geberrades nach der Figur 5,

Figur 7 eine Prinzipansicht eines Ausführungsbeispiels der Magnetsensoranordnung mit einem Spaltpermanentmagneten, der in Abänderung von den vorher be-



-7-

schriebenen Ausführungsbeispielen einen keilförmigen Spalt aufweist,

Figur 8 eine gegenüber der Figur 7 erweiterte Anordnung mit einer Flussleitscheibe,

Figur 9 ein Ausführungsbeispiel, bei dem der keilförmige Spalt in einer kompakten Flussleitscheibe angeordnet ist,

Figur 10 ein Ausführungsbeispiel, das in Abwandlung von der Figur 7 abgewinkelt liegende Magnetfelder aufweist,

Figur 11 eine gegenüber der Figur 10 erweiterte Anordnung mit einer Flussleitscheibe,

Figur 12 ein Ausführungsbeispiel mit einem abgewinkelten Magnetfeld, bei dem der keilförmige Spalt in einer kompakten Flussleitscheibe angeordnet ist,

Figur 13 eine Ansicht einer Magnetsensoranordnung mit keilförmigem Spalt für ein mit Stahlzähnen versehenes Geberrad und

Figur 14 ein Diagramm des Verlaufs des Magnetfeldes in Abhängigkeit von der Position eines Zahnes bzw. einer Zahnücke des Geberrades nach der Figur 13.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist eine Prinzipiansicht einer Magnetsensoranordnung 1 gezeigt, die einen als Spaltnagnet 2 ausgeführten Permanentmagneten aufweist. Der Spaltnagnet 2 weist beiderseits eines Spaltes 3 in gleicher Richtung magneti-

-8-

sierte Bereiche 4 und 5 auf, deren jeweiliges magnetisches Feld B mit hier angedeuteten Feldlinien in Richtung auf einen Sensor 6 ausgerichtet ist. Der Sensor 6 ist hier als XMR-Sensor ausgeführt und weist zwei magnetoresistive Sensorelemente 7 und 8 auf. Die Sensorelemente 7 und 8 sind in einer Gradiometeranordnung mit dem Gradiometerabstand GM dargestellt und erfassen die Änderungen des jeweiligen Feldgradienten, die z.B. durch ein metallisches Gebererelement, z.B. ein in Figur 5 gezeigtes Zahnrad, das an der Magnetsensoranordnung 1 vorbeigeführt wird, verursacht wird.

Die Einstellung des optimalen Arbeitspunktes des Sensors 6 erfolgt über den Abstand der Einzelmagnete 4 und 5, definiert durch die Spaltbreite  $s_a$  und die Spalttiefe  $s_t$ , zueinander und kann an den Gradiometerabstand GM der Sensorelemente 7 und 8 angepasst werden. Weiterhin hängen die Feldlinienverläufe von den Abmaßen  $h$ ,  $b$  und  $t$  des Spaltnagneten 2 ab. Für einen festen Gradiometerabstand GM, z.B. 2,5 mm, kann hier beispielsweise durch Größe, Material und Anordnung des Spaltnagneten 2 so bestimmt werden, dass der Sensor 6 offsetfrei arbeitet und somit möglichst kleine Signale detektieren kann um wiederum einen möglichst großen Abstand zu einem Gebererelement zu ermöglichen.

Ohne ein außen vorbeigeführtes Gebererelement, z.B. ein Zahnrad, verlaufen die magnetischen Feldlinien der Magnetsensoranordnung 1 so, dass am Ort der Sensorelemente 7 und 8 eine kleine sogenannte "in-plane"-Komponente nach außen existiert. Durch den Einsatz z.B. eines sich bewegendes Zahnrad kommt es zu einer Variation des Magnetfeldes, wobei die "in-plane"-Komponenten um die Nulllage

-9-

moduliert werden und damit ein offsetfreies Signal der Gradiometeranordnung erzeugen.

Aus Figur 2 ist ein Ausführungsbeispiel zu entnehmen, bei dem in Abwandlung zu dem Ausführungsbeispiel nach der Figur 1 zusätzliche Homogenisierungsplatten 9 und 10 zwischen den Oberflächen der magnetischen Bereiche 4 und 5 und dem Sensor 6 angebracht sind. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird mit den Homogenisierungsplatten 9 und 10 das Feld in der Ebene des Sensors 6 homogenisiert und damit die notwendige Positioniergenauigkeit des Sensors 6 gegenüber dem Magnetpaar bzw. der Bereiche 4 und 5 zum offsetfreien Betrieb reduziert.

Bei einigen Anwendungsbeispielen mit den zuvor beschriebenen magneto-resistiven XMR-Sensorelementen 7 und 8 benötigen die Sensorelemente 7 und 8 eine konstante Vormagnetisierung. Durch diese Vormagnetisierung wird erreicht, dass sich die Sensorelemente 7 und 8 in einem Magnetfeld befinden, bei dem die Sensitivität maximal ist. Realisiert wird dieses sogenannte Bias-Feld jeweils mit einem aus Figur 3 und 4 zu entnehmenden Ausführungsbeispiel.

Wie in den Figuren 3 und 4 gezeigt, wird dieses Bias-Feld durch eine Drehung der Magnetisierung B in den Bereichen 4 und 5 um den Winkel  $\alpha$  realisiert. Dabei lassen sich auch hier, wie zuvor beschrieben, wiederum zwei Aufbauvarianten ohne (Figur 3) und mit einer Justageverbesserung durch Homogenisierungsplatten 9 und 10 (Figur 4) realisieren.

In Figur 5 ist ein Ausschnitt eines Modells dargestellt, bei dem die erfindungsgemäße Magnetsensoranordnung 1, beispielsweise nach der Figur 1, im Zusammenhang mit einem Geberrad 11, das mit Zähnen 12 versehen ist, angewen-

-10-

det wird. Als Beispiel ist in einem Diagramm nach Figur 6 ein Messergebnis dargestellt. Aufgetragen ist hier die sogenannte "in-plane"-Komponente des magnetischen Feldes  $B_x$  über der Gradiometerposition relativ zur Mitte des Sensors 6, jeweils für einen Zahn 12 (Verlauf 13) und für eine Zahnlücke (Verlauf 14).

Es ist hier bei einem vorgegeben konstruktiven Versuchsaufbau mit einem Gradiometerabstand GM von 2,5 mm zu erkennen, dass der Verlauf des Magnetfeldes  $B_x$  an der Sensorelementposition 1,25 mm für die zwei simulierten Positionen des Geberrades 11 (Zahn 12, Verlauf 13) und der Lücke (Verlauf 14)) symmetrisch um die Nulllage erfolgt, das heißt, dass das Signal des jeweiligen Sensorelementes 7,8 offsetfrei ist.

In Figur 7 ist ein für die Erreichung der erfindungsgemäßen Vorteile besonders günstiges Ausführungsbeispiel eines Spaltmagneten 20 gezeigt, der einen keilförmigen Spalt 21 aufweist. Die Figur 7 zeigt hier in vergleichbarer Weise wie bei der Figur 1 den Spaltmagneten 20 und dessen Position relativ zu den Sensorelementen 7 und 8 in einer Gradiometeranordnung. Die Einstellung des optimalen Arbeitspunktes erfolgt hier über die spezielle Formgebung und die Abmaße des keilförmigen Spaltes 21.

Aus Figur 8 ist in Abwandlung zu der Figur 7 eine Variante des Spaltmagneten 20 zu entnehmen, die mit einer Flussleitscheibe 22 versehen ist, die sich der Form des Spaltes 21 anpasst.

Figur 9 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Magneten 23, bei dem anstelle eines geeignet geformten Spaltes 21 im Spaltmagneten eine speziell geformte Flussleitscheibe 24 auf der Oberfläche des rechteckigen Magneten 23 zum Ein-

-11-

satz kommt. Durch die Eigenschaften des weichmagnetischen Materials der Flussleitscheibe 24 wird das Feld in der Ebene der Sensorelemente 7 und 8 anders geformt als bei einem reinen Magneten, wobei die x-Komponente (vgl. Figur 7) des Magnetfelds über weite x-Bereiche minimiert wird.

Es kann eventuell vorteilhaft sein, wenn bei der Verwendung von sogenannten XMR-Sensoren die Sensorelemente 7 und 8 eine konstante Vormagnetisierung bewirkt wird. Durch diese Vormagnetisierung wird erreicht, dass sich die Sensorelemente 7 und 8 in einem Magnetfeld befinden, bei dem die Sensitivität maximal ist. Dies kann durch ein „Bias-Feld“ gemäß Figur 10 und daran anschließend auch gemäß Figur 11 und 12 durch eine Drehung der Magnetisierung B in den Magneten 20 bzw. 23 bewirkt werden.

In der Figur 10 ist eine Anordnung ohne Flussleitscheibe (vgl. Figur 7), in der Figur 11 ist eine Anordnung mit einer Flussleitscheibe 22 (vgl. Figur 8) und in der Figur 12 ist eine Anordnung mit einer kompakten Flussleitscheibe 24 mit eingearbeitetem Spalt 21 (vgl. Figur 9) gezeigt.

Aus Figur 13 ist ein mit der Figur 5 vergleichbarer Ausschnitt einer Anordnung zu entnehmen, mit dem Magnetfeldsimulationen zur Auslegung der Keilform des Spaltes 21 der Flussleitscheibe 24 durchgeführt werden können.

Mit dieser Anordnung können für einen festen Gradiometerabstand, als Beispiel wurden 2,5 mm gewählt, Magnetfeldsimulationen durchgeführt und die Größe, das Material und die Form des Spaltes 21 so bestimmt werden, dass der Sensor bei hoher Sensitivität offsetminimiert arbeitet und somit möglichst kleine Signale detektieren kann. Damit

-12-

erreicht man in einer Anwendung große Abstände zum einem ferromagnetischen Geberrad.

Wie schon in der Beschreibungseinleitung erwähnt, ist die Form des Spaltes 21 von großer Bedeutung, wobei insbesondere von der Rechteckform abweichende Geometrien vorteilhaft sind. Dabei kann es sich, wie anhand der Figuren 7 bis 14 dargestellt, um einen keilförmigen Spalt 21 oder auch um eine beliebige kurvenartige Ausformung des Spalts handeln. Die optimierte Formgebung des Spaltes 21 gewährleistet eine Offsetreduktion des Magnetfeldes B in Gradiometerrichtung nicht nur an den zwei Positionen der Sensorelemente 7 und 8 sondern über einen weiten Bereich hinaus, so dass die erforderliche Positioniergenauigkeit des Gradiometers gegenüber dem Magneten 20 deutlich herabgesetzt werden kann.

Als Beispiel ist in Figur 14 wiederum ein Simulationsergebnis dargestellt. Aufgetragen ist hier die x-Komponente des B-Feldes ( $B_x$ ) über der Gradiometerposition  $x$  relativ zur Sensormitte. Es ist zu erkennen, dass hier der Betrag des Offsets des Magnetfeldes B über einen weiten Bereich kleiner als 1mT ist. Es ist auch hier zu erkennen, dass der Verlauf des Magnetfeldes  $B_x$  für die zwei simulierten Positionen des Geberrades 11 (Zahn 12, Verlauf 25) und der Lücke (Verlauf 26)) symmetrisch um die Nulllage erfolgt, das heißt, dass das Signal des jeweiligen Sensorelementes 7,8 offsetfrei ist. Der magnetische Hub als Unterschied zwischen der Position Zahn und Lücke, bleibt jedoch unverändert hoch.

Patentansprüche

## 1) Magnetsensoranordnung mit

- magnetfeldempfindlichen Sensorelementen (7,8) deren elektrische Eigenschaften in Abhängigkeit von einem Magnetfeld veränderbar sind, das durch ein bewegtes passives Geberelement (11) beeinflussbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass
- die Magnetsensoranordnung (1) zwei Sensorelemente (7,8) in einer Gradiometeranordnung aufweist, die jeweils einem von zwei in einem vorgegebenen Abstand (sa) angeordneten Bereichen (4,5) eines als Spaltnagneten (2) ausgeführten Permanentmagneten zugeordnet sind,
- wobei die magnetischen Bereiche (4,5) und der Spaltpermanentmagnet (2;20) hinsichtlich der Abmaße (h,b,t), der Spaltbreite (sa) sowie der Spalttiefe (st) und ihrer Positionen zu den Sensorelementen (7,8) so angeordnet sind, dass der Offset des Ausgangssignals der Sensorelemente (7,8) in der Gradiometeranordnung minimiert ist.

-14-

2) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Spalt (21) in Richtung der Spalttiefe (st) des Spaltpermanentmagneten (20;23) eine Kontur mit einer keilförmigen Verengung aufweist.

3) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Spalt des Spaltpermanentmagneten (2) eine rechteckige Kontur aufweist.

4) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- der Spalt in Richtung der Spalttiefe (st) des Spaltpermanentmagneten eine vorgegebene kurvenförmige Kontur aufweist.

5) Magnetsensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- zwischen den Sensorelementen (7,8) und den magnetischen Bereichen (4,5) Flussleitscheiben (9,10) angeordnet sind.

6) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass**



-15-

- als Flussleitscheibe (24) ein kompakter Körper angeordnet ist, in den der Spalt (21) eingeformt ist.

7) Magnetsensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Magnetisierung der Bereiche (4,5) abweichend von ihrer den Sensorelementen (7,8) zugewandten Längsrichtung jeweils um einen vorgegebenen Winkel ( $\alpha$ ) gedreht ist.

8) Magnetsensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Magnetsensoranordnung (1) zur Erfassung des Drehwinkels eines Rades (11) als Geberelement eingesetzt ist, wobei das Rad (11) an seinem Umfang mit Zähnen (12) zur Beeinflussung des Magnetfeldes im Bereich der Magnetsensoranordnung (1) versehen ist.

9) Magnetsensoranordnung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- das Rad (11) ein Stahlrad ist.

10) Magnetsensoranordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Sensorelemente (7,8) magnetoresistive XMR-Sensoren sind.

1 / 7

Fig. 1

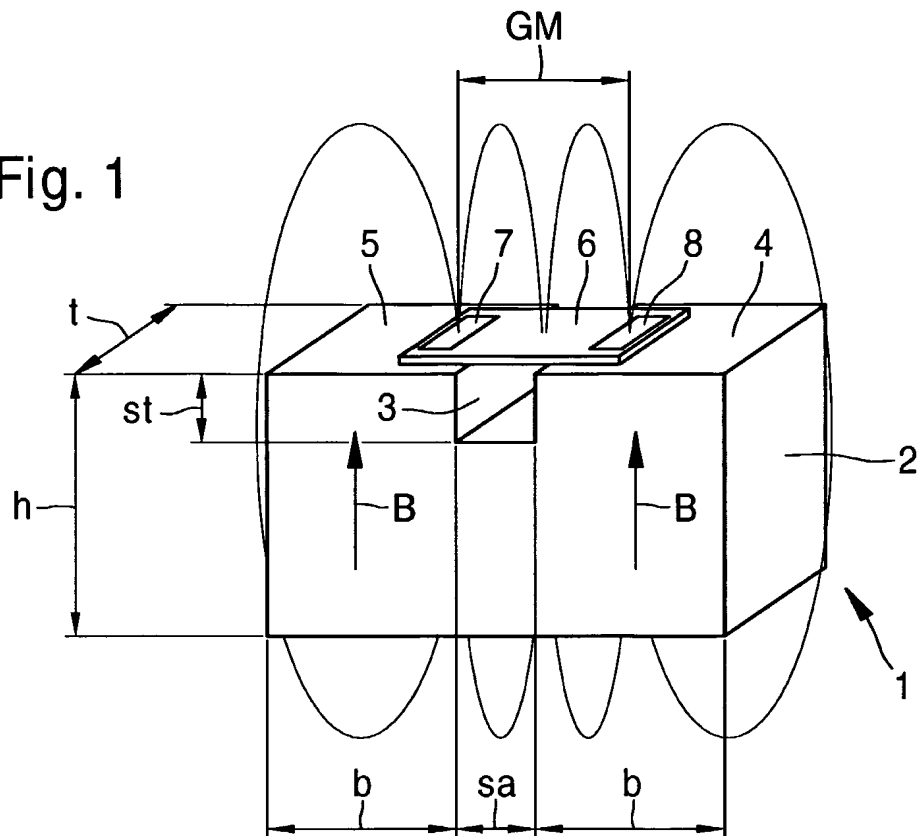
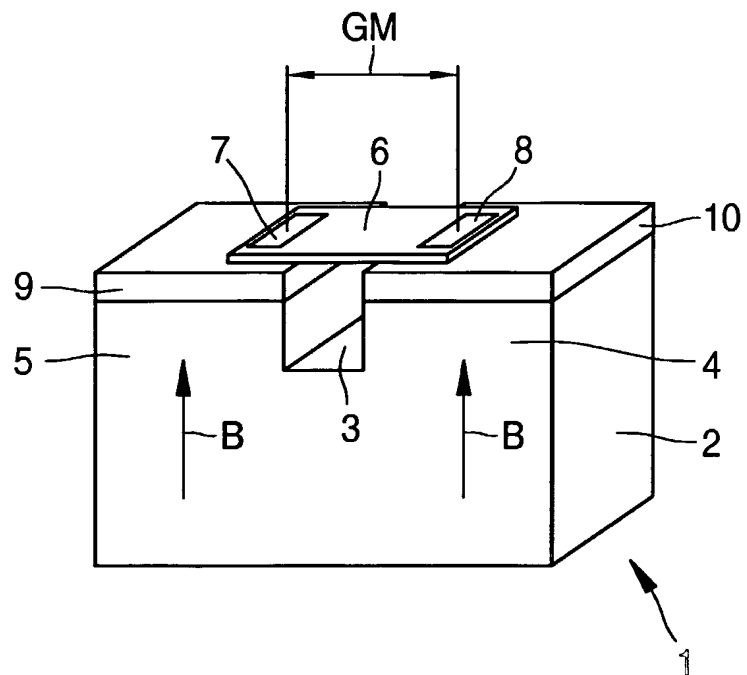


Fig. 2



2/7

Fig. 3

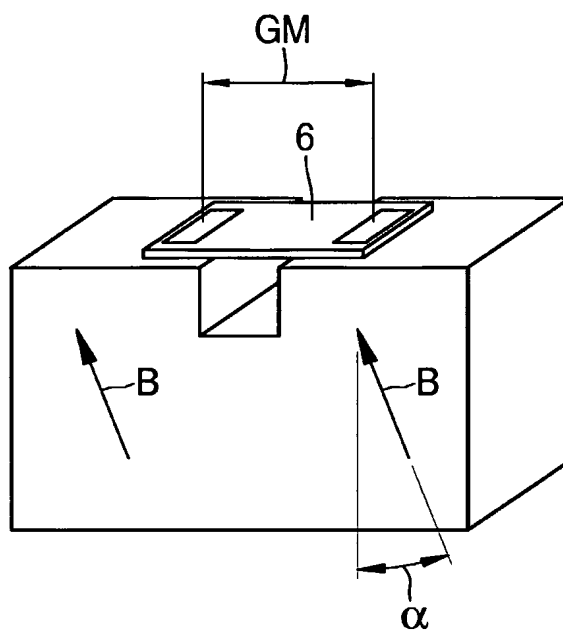
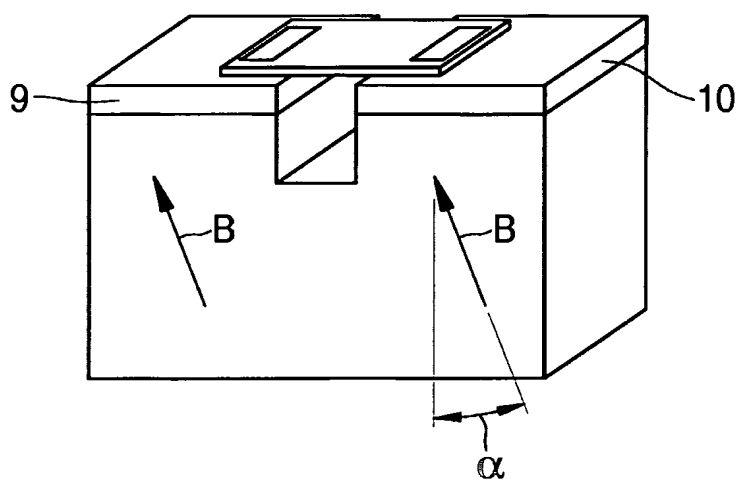


Fig. 4



3/7

Fig. 5

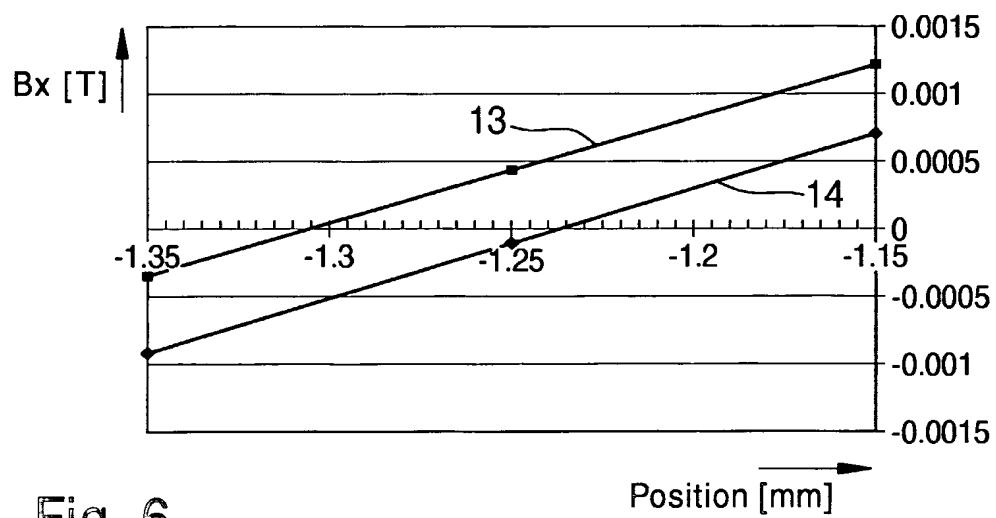
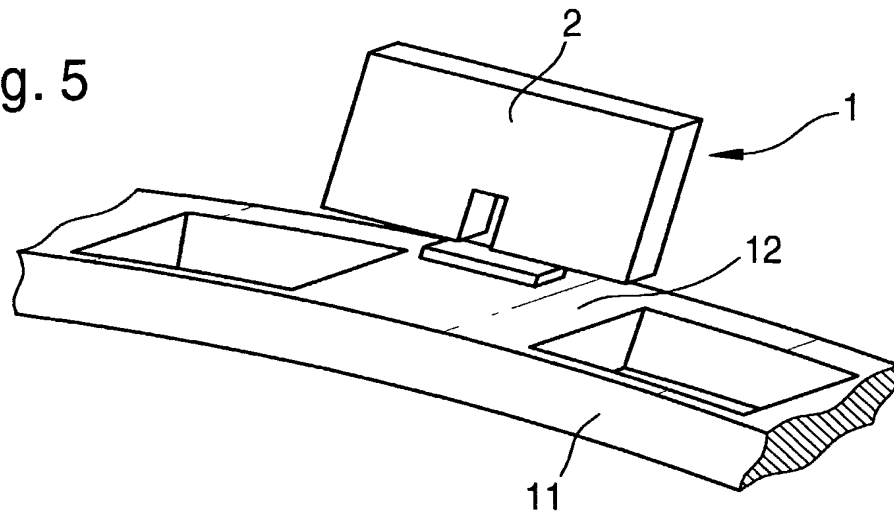


Fig. 6

4 / 7

Fig. 7

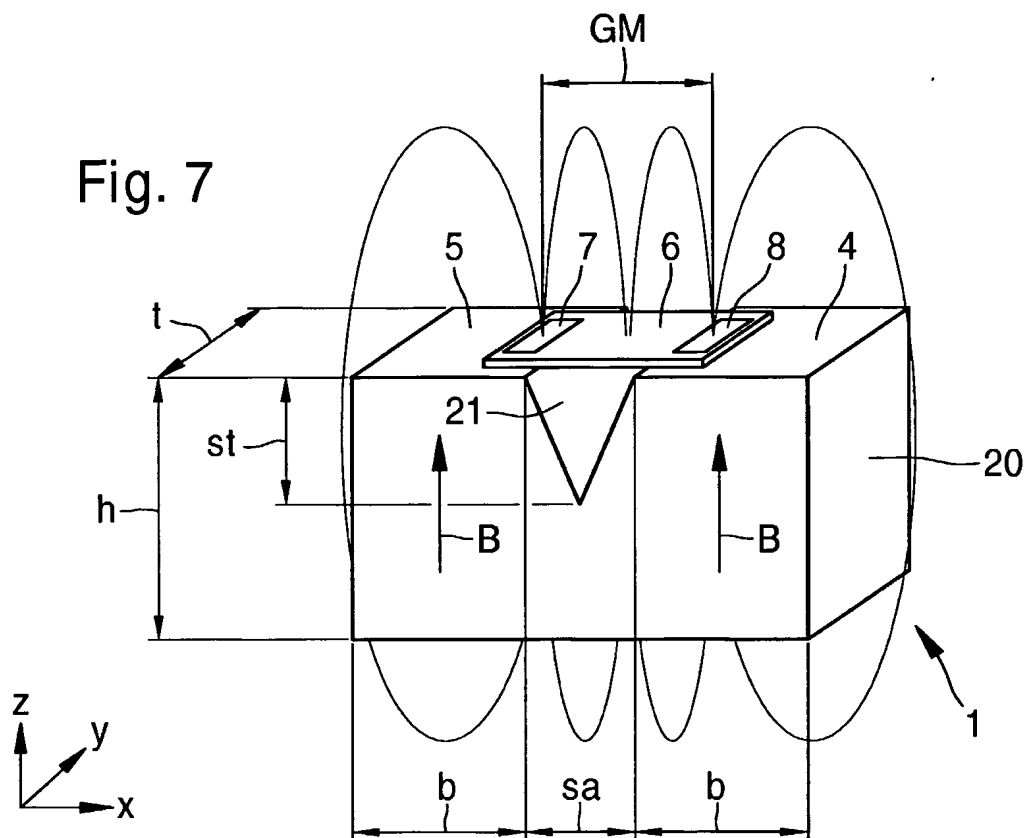
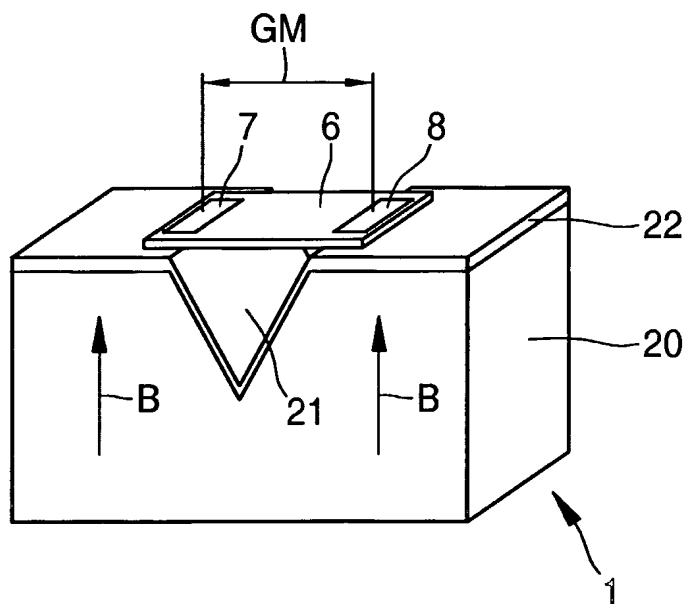


Fig. 8



5/7

Fig. 9

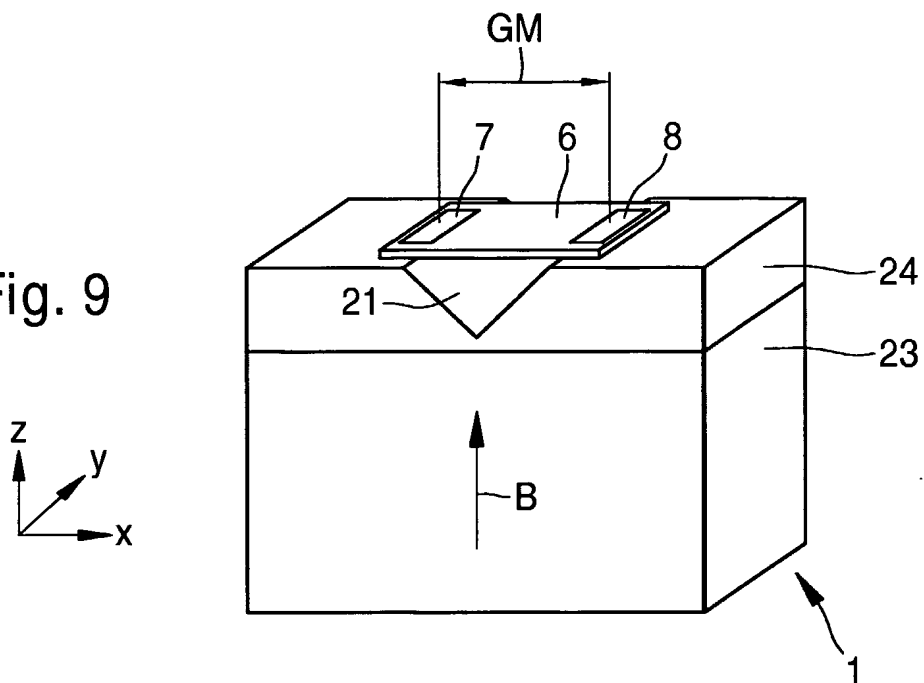
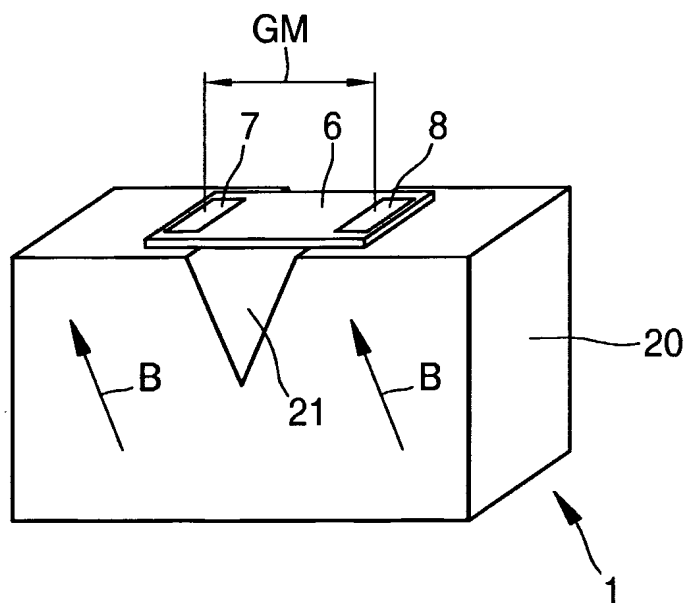


Fig. 10



6/7

Fig. 11

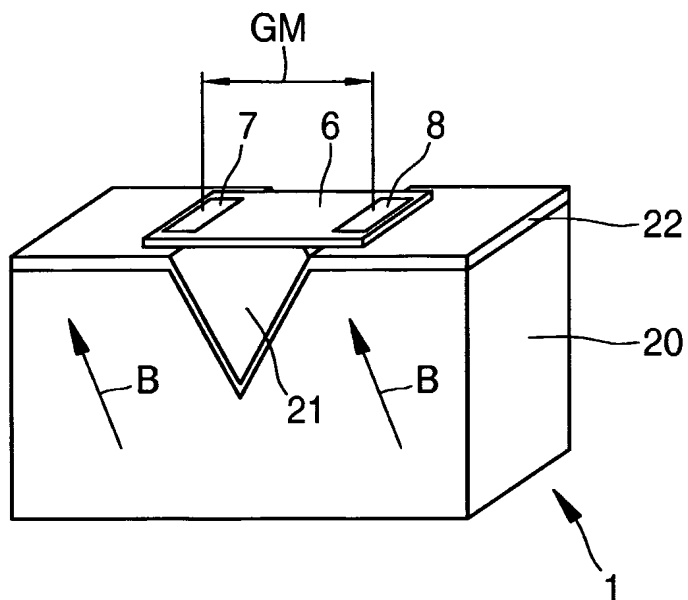
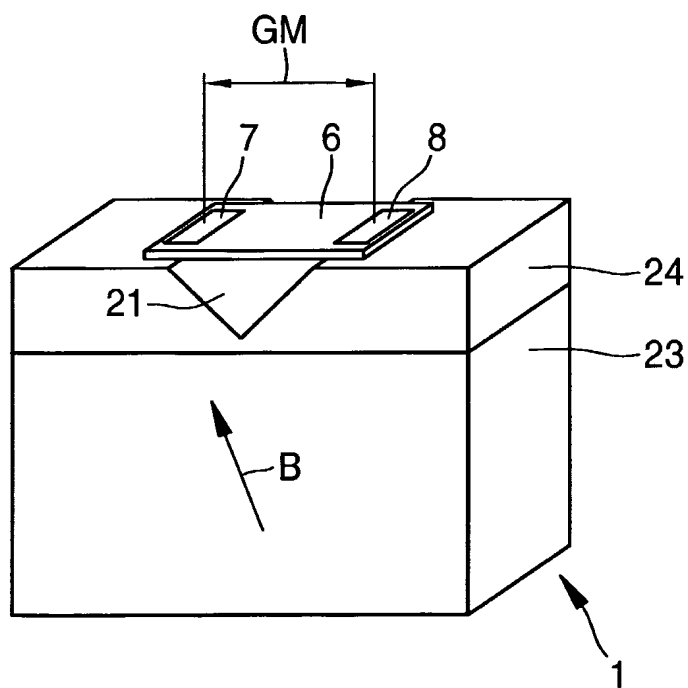


Fig. 12



7/7

Fig. 13

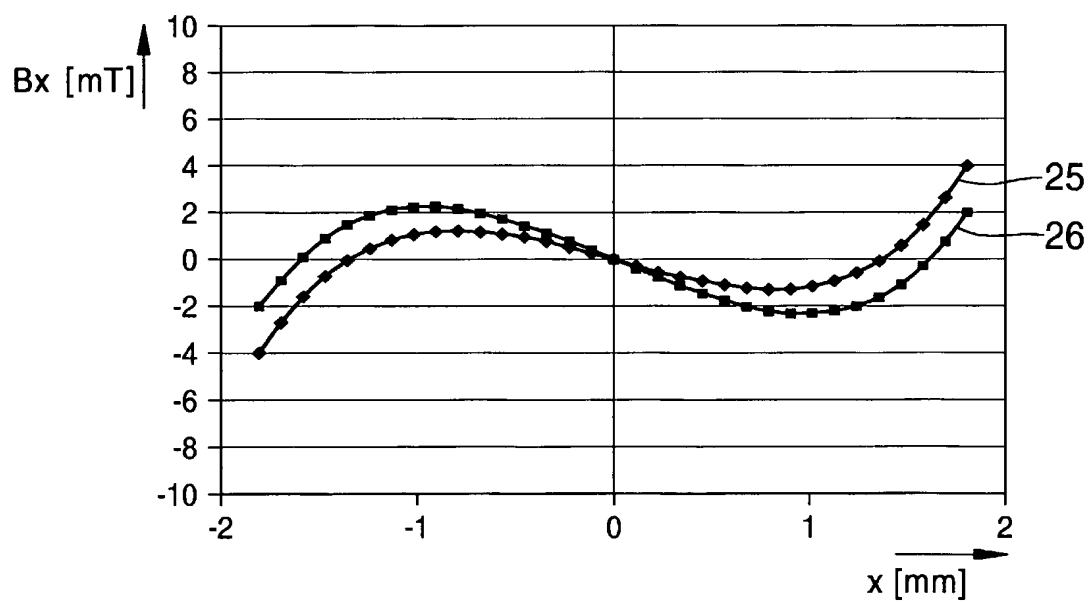
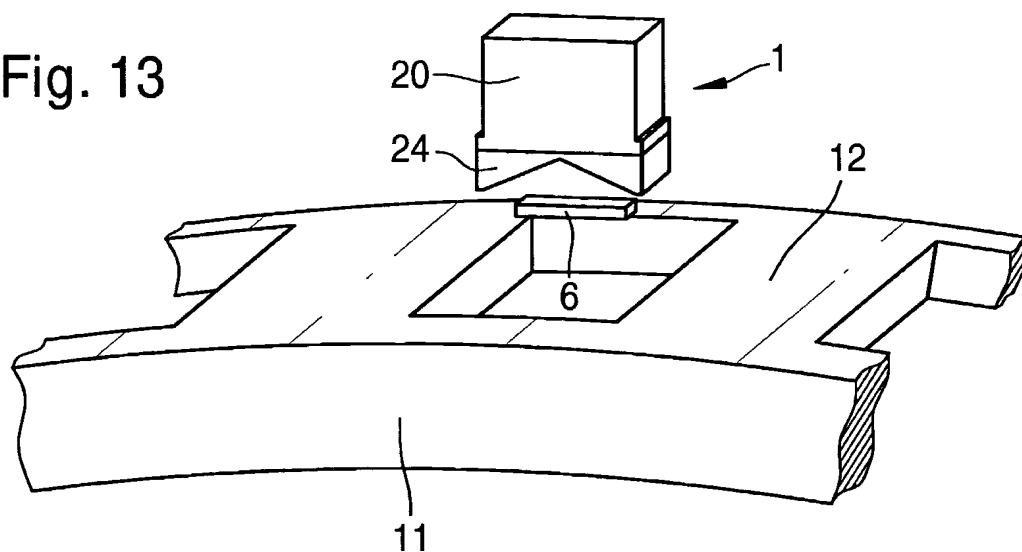


Fig. 14



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/050185

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G01D5/16 G01R33/022

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G01D G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4 712 064 A (ECKARDT ET AL) 8 December 1987 (1987-12-08) column 2, line 1 - column 3, line 22 column 4, line 5 - line 9 column 5, line 8 - line 32 column 6, line 3 - line 5 figure 2	1, 3, 4, 8-10
Y	-----	2, 5, 7
X	US 5 210 489 A (PETERSEN ET AL) 11 May 1993 (1993-05-11) column 1, line 8 - line 16 column 4, line 5 - line 58 figure 2 ----- -/--	1, 3, 8-10



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 July 2005

Date of mailing of the international search report

22/07/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Keita, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2005/050185

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 03/019217 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V; PHILIPS CORPORATE INTELLECTUAL PR) 6 March 2003 (2003-03-06) page 3, line 5 - page 4, line 15; figures	2
A	-----	1,3,4
Y	EP 0 419 040 A (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 27 March 1991 (1991-03-27) column 6, line 20 - column 7, line 58; figures 2,5a	5,7
A	-----	1,8
A	US 2003/222642 A1 (BUTZMANN STEFAN) 4 December 2003 (2003-12-04) paragraph '0001! - paragraph '0008! paragraph '0109! -----	1,8,10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/EP2005/050185

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 4712064	A	08-12-1987	DE	3426784 A1	30-01-1986
			DE	3574282 D1	21-12-1989
			WO	8600877 A1	13-02-1986
			EP	0226574 A1	01-07-1987
			JP	61502783 T	27-11-1986
US 5210489	A	11-05-1993	DE	4020228 A1	02-01-1992
			DE	59107105 D1	01-02-1996
			EP	0464892 A2	08-01-1992
			JP	3065129 B2	12-07-2000
			JP	4232470 A	20-08-1992
WO 03019217	A	06-03-2003	DE	10141371 A1	13-03-2003
			EP	1421398 A1	26-05-2004
			WO	03019217 A1	06-03-2003
			JP	2005501265 T	13-01-2005
			US	2004201377 A1	14-10-2004
EP 0419040	A	27-03-1991	US	5021736 A	04-06-1991
			DE	69011022 D1	01-09-1994
			DE	69011022 T2	10-11-1994
			EP	0419040 A1	27-03-1991
			JP	3175684 A	30-07-1991
US 2003222642	A1	04-12-2003	DE	10210184 A1	18-09-2003

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 G01D5/16 G01R33/022

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G01D G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 712 064 A (ECKARDT ET AL) 8. Dezember 1987 (1987-12-08) Spalte 2, Zeile 1 - Spalte 3, Zeile 22 Spalte 4, Zeile 5 - Zeile 9 Spalte 5, Zeile 8 - Zeile 32 Spalte 6, Zeile 3 - Zeile 5 Abbildung 2	1, 3, 4, 8-10
Y		2, 5, 7
X	US 5 210 489 A (PETERSEN ET AL) 11. Mai 1993 (1993-05-11) Spalte 1, Zeile 8 - Zeile 16 Spalte 4, Zeile 5 - Zeile 58 Abbildung 2	1, 3, 8-10



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*G\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Juli 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/07/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Keita, M

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 03/019217 A (KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRONICS N.V.; PHILIPS CORPORATE INTELLECTUAL PR) 6. März 2003 (2003-03-06) Seite 3, Zeile 5 - Seite 4, Zeile 15; Abbildungen	2
A	-----	1,3,4
Y	EP 0 419 040 A (TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED) 27. März 1991 (1991-03-27) Spalte 6, Zeile 20 - Spalte 7, Zeile 58; Abbildungen 2,5a	5,7
A	-----	1,8
A	US 2003/222642 A1 (BUTZMANN STEFAN) 4. Dezember 2003 (2003-12-04) Absatz '0001! - Absatz '0008! Absatz '0109! -----	1,8,10

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2005/050185

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument			Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 4712064	A	08-12-1987	DE	3426784	A1	30-01-1986
			DE	3574282	D1	21-12-1989
			WO	8600877	A1	13-02-1986
			EP	0226574	A1	01-07-1987
			JP	61502783	T	27-11-1986
US 5210489	A	11-05-1993	DE	4020228	A1	02-01-1992
			DE	59107105	D1	01-02-1996
			EP	0464892	A2	08-01-1992
			JP	3065129	B2	12-07-2000
			JP	4232470	A	20-08-1992
WO 03019217	A	06-03-2003	DE	10141371	A1	13-03-2003
			EP	1421398	A1	26-05-2004
			WO	03019217	A1	06-03-2003
			JP	2005501265	T	13-01-2005
			US	2004201377	A1	14-10-2004
EP 0419040	A	27-03-1991	US	5021736	A	04-06-1991
			DE	69011022	D1	01-09-1994
			DE	69011022	T2	10-11-1994
			EP	0419040	A1	27-03-1991
			JP	3175684	A	30-07-1991
US 2003222642	A1	04-12-2003	DE	10210184	A1	18-09-2003